

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THOMSON

DELPHION

RESEARCH

PRODUCTS

INSIDE DELPHION

Log Out

Work Files

Saved Searches

My Account | Products

Search: Quick/Number Boolean Advanced Derwent

Derwent Record

View: [Expand Details](#) Go to: [Delphion Integrated View](#)[Em](#)

Derwent Title: Wavelength selective pulsed laser appts. - has laser light tuning one-way mirror which with other mirror defines oscillator with optically stimulated laser medium in between producing light of two wavelengths

Original Title: ☒ DE4419069A1: Gepulster Laser

Assignee: LAMBDA PHYSIK AG Non-standard company
LAMBDA PHYSIK GES HERSTELLUNG VON LASERN
Non-standard company

Inventor: BERGER V; KLEINSCHMIDT J; STAMM U; ZSCHOCKE W; ZSCHOCKE W;

Accession/Update: 1996-021171 / 200135

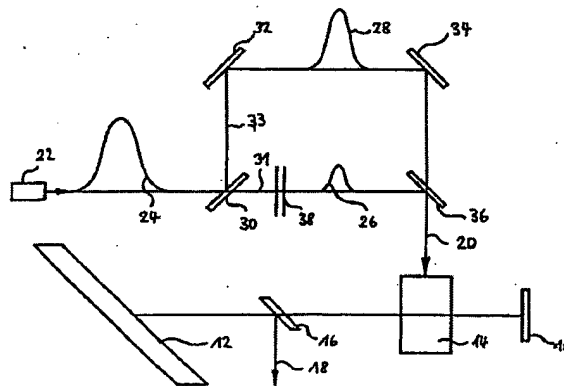
IPC Code: H01S 3/094 ; H01S 3/10 ; H01S 3/05 ; H01S 3/102 ;

Derwent Classes: V08;

Manual Codes: V08-A01A2(With passive optical components to control e.g. laser frequency) , V08-A02B(Optical pumping of laser)

Derwent Abstract: (DE4419069A) The appts. (10) includes an oscillator, a lasing medium (14), and a wavelength tunable device, e.g. a semi-silvered mirror (12). The oscillator is defined by a pair of mirrors (10,12), one acting as the wavelength tuner of oscillator emitted pulses (18). A decoupling mirror (16) produces the output pulses. An excitation source for the laser medium is provided by a second laser (22) which provides energy that is directed via an optical arrangement (30,32,34,36). This provides double pulses (26,28) in sequence.
USE/Advantage - Provides simple means of providing high quality laser output. Minimises amplified spontaneous emission through use of two stimulating wavelengths of different strengths.

Images:



Dwg.1/3, Dwg.1/3

Family: PDF Patent

Pub. Date Derwent Update Pages Language IPC Code

AZ

☒ **DE4419069A1** * 1995-12-07 199603 7 German H01S 3/094

Local appls.: DE1994004419069 Filed:1994-05-31 (94DE-4419069)

☒ **DE4419069C2** = 2001-06-21 200135 8 German H01S 3/094

Local appls.: DE1994004419069 Filed:1994-05-31 (94DE-4419069)

☒ **US5559815** = 1996-09-24 199644 7 English H01S 3/10

Local appls.: US1995000438168 Filed:1995-05-09 (95US-0438168)

☒ **INPADOC**
Legal Status:

[Show legal status actions](#)

☒ **First Claim:**

[Show all claims](#) 1. Gepulster Laser mit einem Oszillator (10, 12), einem Lasermedium (14), einem wellenlängenselektiven Element (12) zum Abstimmen der Wellenlänge eines vom Oszillator emittierten Strahlpulses (18), und mit einer Einrichtung (22, 30-38) zum gepulsten Anregen des Lasermediums (14), **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung eines emittierten Strahlpulses (18) mittels der Anregungseinrichtung (22, 30-38) das Lasermedium (14) zumindest zweimal zeitlich nacheinander angeregt wird.

☒ **Priority Number:**

Application Number	Filed	Original Title
<u>DE1994004419069</u>	1994-05-31	GEPULSTER LASER

☒ **Title Terms:**

WAVELENGTH SELECT PULSE LASER APPARATUS LASER LIGHT TUNE ONE WAY MIRROR MIRROR DEFINE OSCILLATOR OPTICAL STIMULATING LASER MEDIUM PRODUCE LIGHT TWO WAVELENGTH

[Pricing](#) [Current charges](#)

Derwent Searches: [Boolean](#) | [Accession/Number](#) | [Advanced](#)

Data copyright Thomson Derwent 2003

© 1997-2004 Thomson Research Subscriptions | [Privacy Policy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#) | [Feedback](#)



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 44 19 069 A 1

⑤① Int. Cl. 8:
H 01 S 3/094
H 01 S 3/05
H 01 S 3/102
// H 01 S 3/225

⑳ Aktenzeichen: P 44 19 069.7
㉑ Anmeldetag: 31. 5. 94
㉒ Offenlegungstag: 7. 12. 95

DE 44 19 069 A 1

㉑ Anmelder:

Lambda Physik Gesellschaft zur Herstellung von
Lasern mbH, 37079 Göttingen, DE

㉒ Vertreter:

Patent- und Rechtsanwälte Wuesthoff & Wuesthoff,
81541 München

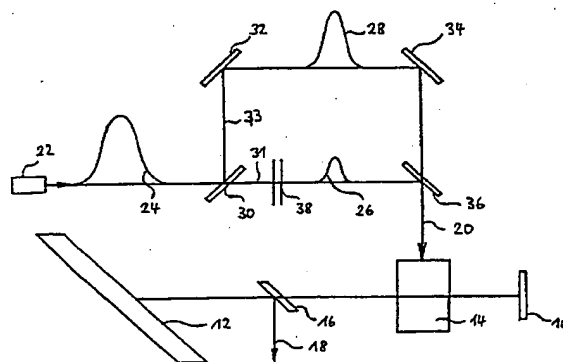
㉓ Erfinder:

Berger, Vadim, 37242 Bad Sooden-Allendorf, DE;
Kleinschmidt, Jürgen, Dr., 06667 Weißenfels, DE;
Stamm, Uwe, Dr., 37085 Göttingen, DE; Zschocke,
Wolfgang, Dr., 58762 Altena, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Gepulster Laser

㉕ Ein gepulster Laser weist einen Oszillator 10, ein Lasermedium 14, ein wellenlängenselektives Element 12 zum Abstimmen der Wellenlänge eines vom Oszillator emittierten Strahlpulses 18 und eine Einrichtung zum gepulsten Anregen des Lasermediums 14 auf. Zur Erzeugung eines einzigen Strahlpulses 18 ist vorgesehen, daß das Lasermedium 14 zweimal zeitlich nacheinander angeregt wird.



DE 44 19 069 A 1

AZ

Die Erfindung betrifft einen gepulsten Laser mit einem Oszillator, einem Lasermedium, einem wellenlängenselektiven Element zum Abstimmen der Wellenlänge eines vom Oszillator emittierten Strahlpulses, und mit einer Einrichtung zum gepulsten Anregen des Lasermediums.

Ein solcher Laseroszillator weist also ein Lasermedium auf, welches so breitbandig emittiert, daß der Laseroszillator mittels eines wellenlängenselektiven Elements abstimmbar ist.

Abstimmbare Laseroszillatoren sind hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Aufbau bekannt, beispielsweise aus der DE 29 18 863 C2. Solche Laseroszillatoren enthalten ein breitbandig emittierendes Lasermedium, z. B. eine Farbstofflösung, mit einer Gasentladung erzeugte Excimer oder Festkörpermateriale. Im Resonator eines solchen Laseroszillators ist ein dispersives Element zur Wellenlängenabstimmung angeordnet. Dieses Abstimmelement (wellenlängenselektive Element) kann beispielsweise ein Gitter oder eine dispersive Prismenanordnung sein. Als wellenlängenselektives Element kommen auch ein Etalon, ein Fabry-Perot-Interferometer oder auch doppelbrechende Kristalle in Betracht.

Die bei der Anordnung gemäß der DE 29 18 863 C2 ausgekoppelte Laserstrahlung enthält schmalbandige Strahlung, deren spektrale Verteilung im wesentlichen durch die Strahlaufweitungsvorrichtung und das wellenlängenselektive Element bestimmt ist, sowie relativ breitbandige Strahlung, deren spektrale Verteilung im wesentlichen durch das breitbandig emittierende Lasermedium gegeben ist. Diese breitbandige spontane Strahlung wird ASE (Amplified Spontaneous Emission) genannt. Das Verhältnis der Energie der schmalbandigen Laserstrahlung zur Energie der ASE wird als spektrale Reinheit der Ausgangsstrahlung des Laseroszillators bezeichnet. Die spektrale Reinheit der Ausgangsstrahlung des Lasers verschlechtert sich zum Beispiel, wenn das Lasermedium impulsförmig angeregt wird und die Zeitdauer der Anregungspulse in der gleichen Größenordnung liegt, wie die Umlaufzeit des Lichtes im Laserresonator (Oszillator). Typischerweise beträgt eine solche Umlaufzeit, je nach Lasertyp, etwa 2 bis 3 Nanosekunden.

Auch verschlechtert sich die spektrale Reinheit von Laserstrahlung zum Beispiel dann, wenn die Ausgangsstrahlung weiter verstärkt wird, sobald die ASE und das spektral reine Laserlicht (also die oben genannte relativ schmalbandige Strahlung) verschiedene Zeitverläufe im Laser haben. Im allgemeinen wird die ASE bereits zeitlich vor der Laserstrahlung emittiert.

Die bereits genannte DE 29 18 863 C2 lehrt auch, dem Laserresonator eine Einrichtung zur spektralen Filterung nachzuschalten, welche die ASE unterdrückt und die spektrale Reinheit der Ausgangsstrahlung verbessert.

Die deutsche Patentanmeldung P 43 02 378 offenbart einen gattungsgemäßen Laseroszillator, bei dem die spektrale Reinheit des gepulsten Ausgangsstrahles dadurch verbessert wird, daß der vom Laseroszillator emittierte Strahl mittels eines optischen Elementes nach Durchlaufen einer Aufweiteinrichtung und Passieren des wellenlängenselektiven Elementes aus dem Resonator ausgekoppelt wird, bevor er das Lasermedium erneut passiert und ihm dort breitbandige Strahlung (spontane Fluoreszenz und ASE) wieder zugemischt wird. Dieser ältere Vorschlag benötigt aufwendige opti-

sche Einrichtungen, insbesondere eine Aufweiteinrichtung und eine aufwendige Auskoppeloptik.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen abstimmbaren gepulsten Laser der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß bei geringem baulichen Aufwand eine hohe spektrale Reinheit der Ausgangsstrahlung erreicht wird.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist in Patentanspruch 1 gekennzeichnet. Danach ist also erfindungsgemäß vorgesehen, daß zur Erzeugung eines einzigen emittierten Strahlpulses das Lasermedium zumindest zweimal zeitlich nacheinander jeweils so angeregt wird, daß es Strahlung emittiert.

Es ist bekannt, bei gepulsten Gasentladungslasern das Lasermedium (Gasgemisch) zur Erzeugung eines einzigen emittierten Laserstrahlpulses zweimal zeitlich aufeinanderfolgend anzuregen, nämlich zum einen zum Zwecke einer sogenannten Vorionisierung und zum anderen zum Zwecke einer sogenannten Hauptgasentladung. Eine solche Zweifach-Anregung des Lasermediums ist mit der vorliegenden Erfindung nicht gemeint. Die Vorionisierung dieses Standes der Technik ist auch keine Anregung des Lasergases im eigentlichen Sinn der Lasertechnik. Anregung im Sinne der Lasertechnik bedeutet nämlich, daß das Lasermedium zumindest so stark angeregt wird, daß es Strahlung emittiert, deren Wellenlänge derjenigen Strahlung entspricht, die vom Laser erzeugt werden soll. Bei einer Vorionisierung hingegen werden im anschließend einer Gasentladung ausgesetzten Gas nur freie Elektronen erzeugt, um eine möglichst homogene Hauptgasentladung zu erreichen.

Dem Fachmann sind unterschiedlichste Lasersysteme einschließlich gepulster Gasentladungslaser, Farbstofflaser, Festkörperlaser etc. bekannt. Die Erfindung kann grundsätzlich bei einer Vielzahl bekannter Lasertypen eingesetzt werden.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Lasers ist vorgesehen, daß die Anregungseinrichtung, eine Strahlungsquelle aufweist, und daß zumindest zwei Strahlungspulse zeitlich nacheinander in das Lasermedium gerichtet werden. Bei einem solchen Lasersystem wird also das Lasermedium des Oszillators durch eine weitere, gesondert vorgesehene Strahlungsquelle gepumpt, wobei die weitere Strahlungsquelle, wie in der Lasertechnik weithin bekannt ist, auch ein anderer Laser sein kann. So werden z. B. häufig Farbstofflaser von einem Excimerlaser gepumpt. Insbesondere für das letztgenannte System ist die vorliegende Erfindung geeignet.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Strahlungspulse aus einem einzigen Pumpstrahlungspuls erzeugt werden, insbesondere dadurch, daß der erste Strahlungspuls eine kürzere Wegstrecke zurücklegt als der zweite Strahlungspuls.

Um eine maximale spektrale Reinheit des emittierten Laserstrahles zu erreichen, ist gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß der Zeitabstand der zwei Strahlungspulse zumindest annähernd der Laufzeit der Strahlung im Oszillator entspricht. Dieser Zeitabstand der beiden Anregungsstrahlungspulse hängt von der Struktur und dem geometrischen Aufbau des verwendeten Lasersystems ab und muß für jedes System gesondert, z. B. experimentell optimiert werden.

Weiterhin werden gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung auch die Intensitäten der Anregungsstrahlungspulse im Verhältnis zueinander so opti-

miert, daß die Energie der breitbandigen spontanen Strahlung (ASE) minimal wird.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 schematisch einen gepulsten abstimmbaren Laser mit Oszillator und Anregungssystem;

Fig. 2 die Abhängigkeit des Kehrwertes der spektralen Reinheit der Laser-Ausgangsstrahlung vom Verhältnis des Zeitabstandes der zwei Anregungsstrahlungspulse zur Umlaufzeit der Strahlung im Resonator; und

Fig. 3 die Abhängigkeit des Kehrwertes der spektralen Reinheit der emittierten Ausgangsstrahlung vom Verhältnis der Intensität des ersten Anregungsstrahlungspulses zur Summe der Intensitäten beider Anregungsstrahlungspulse.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Lasersystem mit einem Oszillator, der durch einen Frontspiegel 10 und einen Rückspiegel 12 gebildet wird. Der Rückspiegel 12 ist hier zugleich auch ein wellenlängenselektives Element in Form eines reflektierenden Gitters. Im Oszillator ist ein Lasermedium 14 im Strahlungsweg zwischen dem Spiegel 10 und dem Gitter 12 angeordnet. Beim Lasermedium 14 kann es sich z. B. um eine mit Farbstoff gefüllte Küvette handeln, wenn die Erfindung bei einem Farbstofflaser realisiert wird, der durch einen anderen Laser (siehe unten) gepumpt wird.

Im Resonator ist ein Auskoppelspiegel 16 angeordnet, der für die im Oszillator (auch als "Resonator" bezeichnet) oszillierende Strahlung teildurchlässig ist, so daß ein Ausgangsstrahlungspuls 18 emittiert wird. Der Ausgangsstrahlungspuls 18 ist der emittierte Laserpuls, der zu erzeugen ist.

Das Lasermedium 14 wird durch Strahlungspulse 20 angeregt, d. h. es wird im Lasermedium 14 eine sogenannte Besetzungsinversion erzeugt.

Als Strahlungsquelle für die Anregung des Lasermediums 14 dient beim dargestellten Ausführungsbeispiel ein weiterer Laser 22, im vorliegenden Fall ein gütemodulierter Festkörperlaser (z. B. Nd:YAG-Laser), dessen Strahlung durch Frequenzvervielfachung z. B. in den sichtbaren oder UV-Spektralbereich transformiert sein kann und der einen Pumpstrahlungspuls 24 erzeugt.

Beim Pumpstrahlungspuls 24 kann es sich auch um einen Excimer- bzw. Stickstofflaser handeln bzw. können auch andere Impulslaser mit Ausgangsstrahlung im sichtbaren bzw. UV-Bereich zum Einsatz kommen.

Der Pumpstrahlungspuls 24 trifft auf einen ersten teildurchlässigen Spiegel 30, so daß die Strahlung aufgeteilt wird in einen ersten, geradeaus durchgehenden Teilstrahl 31 und in einen zweiten, abgelenkten Teilstrahl 33, der auf einen total reflektierenden Spiegel 32 trifft. Auf diese Weise werden also zwei Strahlungspulse 26, 28, die in Fig. 2 symbolisch angedeutet sind, gebildet. Der erste Strahlungspuls 26 trifft nach Passieren eines Abschwächers 38 auf einen Spiegel 36, so daß der erste Strahlungspuls 26 gemäß dem Pfeil 20 auf das Lasermedium 14 trifft.

Der zweite Strahlungspuls 28 wird von einem total reflektierenden Spiegel 34 umgelenkt und trifft ebenfalls gemäß dem Pfeil 20 auf das Lasermedium 14, und zwar zeitlich um einen bestimmten Zeitabstand verzögert. Dieser Zeitabstand ergibt sich aus derjenigen Wegstrecke, die der zweite Strahlungspuls 28 mehr zurücklegen muß als der erste Strahlungspuls 26, bevor die Pulse zeitlich nacheinander auf das Lasermedium 14 treffen. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist diese verlängerte Wegstrecke des zweiten

Strahlungspulses 28 die Laufstrecke vom teildurchlässigen Spiegel 30 zum total reflektierenden Spiegel 32 zuzüglich der Laufstrecke vom total reflektierenden Spiegel 34 zum teildurchlässigen Spiegel 36. Diese Strecke dividiert durch die Lichtgeschwindigkeit ergibt den Zeitabstand der beiden auf das Lasermedium 18 treffenden Strahlungspulse 26, 28.

Die durch den Abstand der Spiegel 30/32 und 34/36 gegebene optische Verzögerungsstrecke, welche den Zeitabstand der Strahlungspulse 26, 28 beim Auftreffen auf das Lasermedium 14 bestimmt, wird so eingestellt, daß der zeitliche Abstand der beiden Strahlungspulse 26, 28 beim Auftreffen auf das Lasermedium 18 so ist, daß das Verhältnis der Energie der breitbandigen spontanen Strahlung zur Energie der schmalbandigen Laserstrahlung (also der Kehrwert der "spektralen Reinheit") minimal wird, wie Fig. 2 darstellt.

Eine qualitative Erklärung des beobachteten physikalischen Effekts der starken Verbesserung der spektralen Reinheit der Strahlung aufgrund der Laseraanregung mit der in Fig. 1 dargestellten Anordnung ist, daß mit einem relativ schwächeren ersten Strahlungspuls 26 das Lasermedium 14 zunächst angeregt wird. Ein Teil der spontan und stimuliert emittierten Photonen läuft zum wellenlängenselektierenden Gitter 12 und wieder zurück zum Lasermedium 14. Das wellenlängenselektive Gitter 12 bewirkt, daß die von ihm zurückreflektierte Strahlung eine höhere spektrale Reinheit hat als die ursprünglich auf das Gitter einfallende, vom Lasermedium 14 kommende Strahlung. Die vom Gitter zurückreflektierte Strahlung trifft im Lasermedium 14 zeitlich etwa dann (oder geringfügig vorher) ein, wenn der vergleichsweise stärkere zweite Strahlungspuls 28 das Lasermedium 14 anregt. Die jetzt im Laserresonator schon vorhandene Strahlung höherer spektraler Reinheit bewirkt insgesamt eine Laserausgangsstrahlung 18 mit einem im Vergleich zur bekannten Einzelpulsanregung des Lasermediums viel geringeren Anteil an spektral breitbandiger Untergrundstrahlung (ASE). Das vorstehende Bild ist nur qualitativer Natur. Genauere quantitative Rechnungen zeigen gemäß Fig. 2 eine weitere Verbesserung der spektralen Reinheit (also des Kontrastes der eigentlichen Laserenergie zur ASE) bei einer größeren zeitlichen Verzögerung zwischen den beiden Strahlungspulsen 26, 28. Wie Fig. 2 zeigt, setzt eine beträchtliche Verbesserung der spektralen Reinheit bereits dann ein, wenn der zeitliche Abstand der beiden Strahlungspulse 26, 28 etwa das 1,5fache derjenigen Zeit beträgt, die Strahlung benötigt, um im Resonator einmal umzulauften. Der optimale Wert der spektralen Reinheit wird etwa dann erreicht, wenn der zeitliche Abstand der beiden Strahlungspulse 26, 28 das 2,6fache oder mehr der Resonatorumlaufzeit beträgt. Gute Ergebnisse werden dann erhalten, wenn der zeitliche Abstand der beiden Pump-Strahlungspulse 26, 28 beim Auftreffen auf das Lasermedium 14 in der Größenordnung der Resonatorumlaufzeit liegt, also z. B. etwa das 2- bis 10fache der Resonatorumlaufzeit beträgt.

Fig. 3 zeigt das Verhältnis des Kehrwertes der spektralen Reinheit in Abhängigkeit vom Verhältnis der Intensitäten der Pump-Strahlungspulse 26, 28. In Fig. 3 ist der Kehrwert der spektralen Reinheit auf der Ordinate logarithmisch aufgetragen, und auf der Abszisse das Verhältnis der Intensität I_1 des ersten Strahlungspulses 26 zur Summe der Intensitäten des ersten Strahlungspulses 26 und des zweiten Strahlungspulses 28. Die Ergebnisse gemäß Fig. 3 zeigen, daß dann, wenn die Intensität I_1 des ersten Strahlungspulses 26 zwischen 10%

und 25% der Gesamtintensität beider Strahlungspulse 26, 28 liegt, beste Werte hinsichtlich der spektralen Reinheit erreicht werden, wobei das Optimum beim dargestellten Ausführungsbeispiel etwa bei 15% liegt.

Patentansprüche

1. Gepulster Laser mit einem Oszillator (10, 12), einem Lasermedium (14), einem wellenlängenselektiven Element (12) zum Abstimmen der Wellenlänge eines vom Oszillator emittierten Strahlungspulses (18), und mit einer Einrichtung (22, 30-38) zum gepulsten Anregen des Lasermediums (14), dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung eines emittierten Strahlungspulses (18) mittels der Anregungseinrichtung (22, 30-38) das Lasermedium (14) zumindest zweimal zeitlich nacheinander angeregt wird. 10
2. Gepulster Laser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anregungseinrichtung (22, 30-38), eine Strahlungsquelle (22) aufweist, und daß zumindest zwei Strahlungspulse (26, 28) zeitlich nacheinander in das Lasermedium (14) gerichtet werden. 15
3. Gepulster Laser nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei zeitlich aufeinander folgenden Strahlungspulse (26, 28) aus einem einzigen Pumpstrahlungspuls (24) erzeugt werden, insbesondere dadurch, daß der erste Strahlungspuls (26) eine kürzere Wegstrecke (30, 36) zurücklegt als der zweite Strahlungspuls (28). 20
4. Laser nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitabstand der zwei Strahlungspulse (26, 28) zumindest annähernd der Größenordnung der Umlaufzeit der Strahlung im Resonator entspricht. 25
5. Laser nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Strahlungspuls (26) schwächer ist als der zweite Strahlungspuls (28), derart, daß die Energie der breitbandigen spontanen Strahlung (ASE) minimal wird. 30

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

- Leerseite -

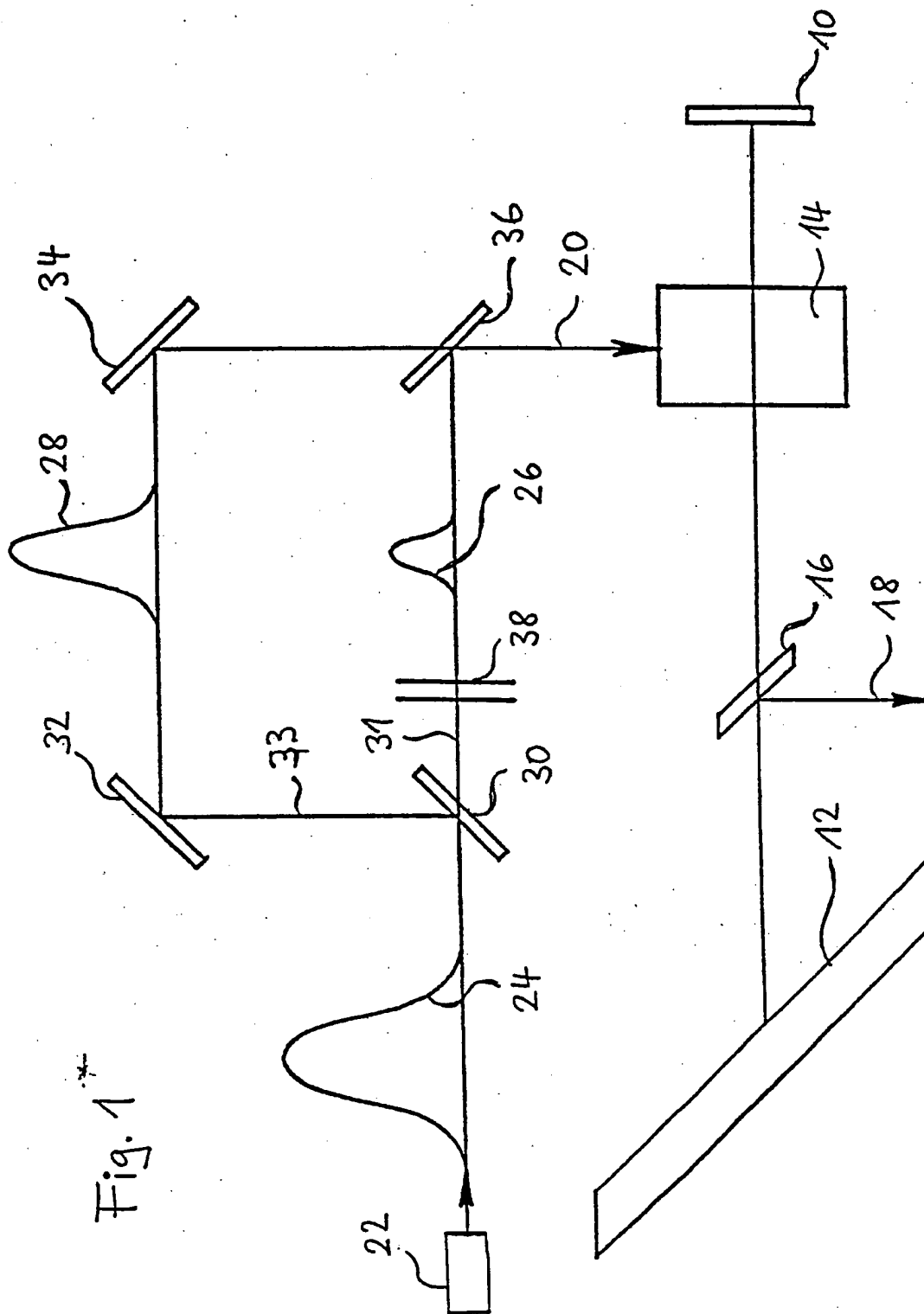
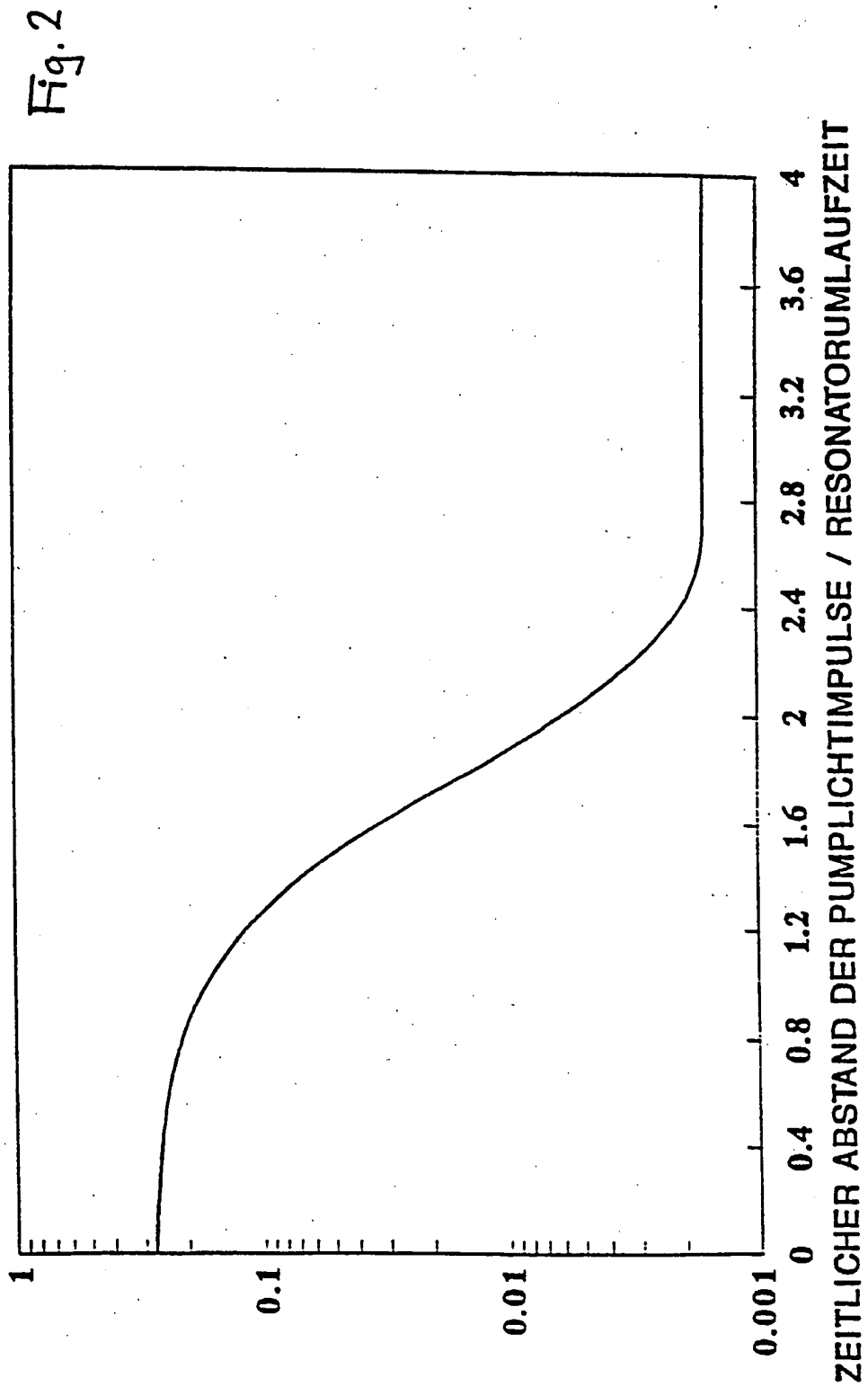


Fig. 1

ENERGIE DER BREITBANDIGEN SPONTANEN STRAHLUNG
ENERGIE DER SCHMALBANDIGEN LASER-STRABLUNG



ENERGIE DER BREITBANDIGEN SPONTANEN STRAHLUNG
ENERGIE DER SCHMALBANDIGEN LASER-STRABLUNG

